Vol. 2 No. 2. Desember 2024
P-ISSN 2986-8335
E-ISSN 2987-0100
Jurnal Of power electric and renewable Energy (JPER) **Sekolah Tinggi Teknologi Bontang**

RANCANG BANGUN *FILLING AND CAPPING BOTTLE MACHINE*

Anggun Widyastuti
Rekayasa Instrumentasi dan Automasi, Institut Teknologi Sumatera
anggun.122490023@student.itera.ac.id

ABSTRACT

In the industrial era 4.0, automation of bottle filling and closing machines has become very important to increase efficiency and accuracy in the production process. This research identifies the main problems faced in the selection of control systems and liquid volume measurement methods, where traditional systems such as Programmable Logic Controllers (PLC) are often expensive and lack flexibility. To overcome this problem, this research uses the Systematic Literature Review (SLR) method to analyze the performance of the ESP32/ESP8266 microcontroller compared to Arduino and PLC in filling and capping machine applications. In addition, this study evaluates the accuracy of using load cell sensors and flow meters in measuring liquid volume. The results show that the ESP32/ESP8266 has advantages in terms of connectivity and processing speed, while load cells offer higher accuracy than flow meters. This research also identifies challenges, such as data security and system integration, as well as opportunities offered by IoT technology in improving monitoring and optimizing production processes. It is hoped that these findings can become a reference in developing more efficient and affordable automatic control systems for small and medium industries.

Keywords: *Filling, Capping, Machine.*

ABSTRAK

Dalam era industri 4.0, otomatisasi mesin pengisian dan penutupan botol menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses produksi. Penelitian ini mengidentifikasi masalah utama yang dihadapi dalam pemilihan sistem kontrol dan metode pengukuran volume cairan, di mana sistem tradisional seperti Programmable Logic Controller (PLC) sering kali mahal dan kurang fleksibel. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk menganalisis kinerja mikrokontroler ESP32/ESP8266 dibandingkan dengan Arduino dan PLC dalam aplikasi mesin filling dan capping. Selain itu, penelitian ini mengevaluasi keakuratan penggunaan sensor load cell dan flow meter dalam pengukuran volume cairan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP32/ESP8266 memiliki keunggulan dalam hal konektivitas dan kecepatan pemrosesan, sementara load cell menawarkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan flow meter. Penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan, seperti keamanan data dan integrasi sistem, serta peluang yang ditawarkan oleh teknologi IoT dalam meningkatkan monitoring dan pengoptimalan proses produksi. Diharapkan bahwa temuan ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem kontrol otomatis yang lebih efisien dan terjangkau untuk industri kecil dan menengah.

Kata Kunci: *Pengisian, Penyegelan, Mesin.*

Copyrigt@Jurnal Of Power Electric And Renewable Energy (JPER)
Dokumen diterima pada 21-11-2024
Dipublikasikan pada 31-12-2024

I. PENDAHULUAN

Dalam era industri 4.0, otomatisasi semakin berkembang pesat, termasuk dalam sektor pengemasan dan pengisian produk cair ke dalam botol. Mesin *filling* dan *capping* merupakan bagian penting dalam industri manufaktur untuk memastikan proses produksi berjalan secara efisien dan akurat. Salah satu tantangan utama yang sering dihadapi dalam implementasi mesin ini adalah menentukan sistem kontrol yang paling sesuai serta metode pengukuran volume cairan yang akurat, dengan memperhatikan efisiensi biaya, fleksibilitas, dan kehandalan.

Mesin pengisian (filling) dan penutupan (capping) botol memiliki peran penting dalam berbagai industri seperti farmasi, makanan, dan minuman. Dalam operasionalnya, diperlukan akurasi tinggi dalam pengisian volume cairan dan penyegelan botol untuk menjaga kualitas produk. Sistem tradisional seringkali menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* sebagai pengendali utama. Meskipun PLC memiliki stabilitas dan durabilitas yang tinggi, biaya implementasinya relatif mahal dan kurang fleksibel untuk aplikasi skala kecil atau menengah.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan mikrokontroler seperti Arduino untuk merancang sistem otomasi sederhana. Arduino dipilih karena sifatnya yang mudah digunakan, biaya yang rendah, dan komunitas yang luas. Namun, keterbatasan pada kemampuan komunikasi jaringan, pengolahan data yang lebih kompleks, serta kurangnya real-time capability membuat Arduino terkadang kurang optimal dalam aplikasi otomasi yang lebih canggih.

Di sisi lain, ESP32 dan ESP8266 mulai mendapatkan perhatian dalam dunia otomasi karena selain memiliki harga yang terjangkau, keduanya memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi yang lebih baik dan daya komputasi yang lebih tinggi dibandingkan Arduino. Beberapa studi menunjukkan potensi besar dari ESP32/ESP8266 dalam aplikasi otomasi berbasis IoT (Internet of Things) karena kemampuan multi-tasking serta integrasi mudah dengan perangkat cloud. Selain itu, teknologi pengukuran cairan menggunakan load cell dan flow meter juga telah banyak digunakan. *Load cell* dikenal akurat dalam pengukuran berat, namun memerlukan kalibrasi yang rumit, sedangkan *flow meter* menawarkan metode pengukuran langsung berdasarkan laju aliran cairan yang lebih sederhana tetapi kurang akurat dalam pengukuran volume pada kondisi tertentu.

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan sistem otomasi yang efisien dan berbiaya rendah, khususnya untuk usaha kecil dan menengah, diperlukan pengembangan sistem kontrol yang fleksibel dan terjangkau tanpa mengorbankan akurasi. Kombinasi antara ESP32/ESP8266 dengan metode pengukuran yang tepat dapat menjadi solusi alternatif yang lebih efisien dibandingkan penggunaan PLC atau Arduino, terutama dalam konteks aplikasi *IoT* dan otomasi berbasis jaringan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membandingkan kinerja mesin filling dan capping botol menggunakan ESP32/ESP8266 dengan Arduino dan PLC, serta mengevaluasi akurasi pengisian menggunakan *load cell* dan *flow meter*. Diharapkan bahwa solusi yang ditawarkan mampu memberikan sistem yang lebih fleksibel, hemat biaya, dan tetap akurat. Dengan mengintegrasikan kemampuan konektivitas dari ESP32/ESP8266, penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan sistem monitoring dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT, sesuatu yang sulit dicapai dengan PLC maupun Arduino

II. METODE PENELITIAN

2.1 *Systematic Literature Review (SLR)*

Dalam penelitian ini, digunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* untuk meninjau dan mengkaji studi-studi yang berkaitan dengan rancang bangun mesin pengisian (fillin*) dan penyegelan (*capping*) botol, terutama yang menggunakan mikrokontroler ESP32/ESP8266 dibandingkan dengan Arduino dan PLC. SLR merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan *mensintesis* hasil penelitian yang relevan dengan topik tertentu. Melalui metode ini, penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan kontrol otomatis, sensor seperti *load cell* dan *flow meter,* serta teknologi *IoT* dianalisis secara kritis.

Tujuan dari penerapan SLR dalam penelitian ini adalah untuk merangkum temuan utama dari studi terdahulu, mengidentifikasi tren terbaru dalam penggunaan ESP32/ESP8266 dalam aplikasi industri otomasi, serta mengevaluasi efisiensi dan keandalan solusi berbasis mikrokontroler dibandingkan dengan PLC tradisional. Selain itu, SLR juga digunakan untuk memetakan celah penelitian yang masih terbuka dan memberikan landasan kuat bagi eksperimen yang akan dilakukan pada tahap

Copyrigt@Jurnal Of Power Electric And Renewable Energy (JPER)
Dokumen diterima pada 21-11-2024
Dipublikasikan pada 31-12-2024

selanjutnya.

2.2. *Research Questions (Pertanyaan Penelitian)*

Pertanyaan penelitian dirancang untuk memandu proses pengumpulan data dari literatur yang ada, serta memastikan bahwa topik yang dikaji relevan dengan tujuan penelitian. Berikut adalah beberapa pertanyaan penelitian yang diajukan:

TABEL 1.
RESEARCH QUESTIONS (PERTANYAAN PENELITIAN)

ID	Pertanyaan Penelitian	Tujuan
RQ1	Bagaimana kinerja ESP32/ESP8266 dibandingkan dengan Arduino dan PLC dalam aplikasi mesin filling dan capping botol?	Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan masing-masing platform mikrokontroler
RQ2	Metode pengukuran mana yang lebih akurat dan efisien antara load cell dan flow meter untuk pengisian cairan?	Mengevaluasi akurasi dan keefektifan metode pengukuran cairan
RQ3	Apa saja tantangan dan peluang dalam penggunaan IoT untuk sistem kontrol otomatis pada mesin filling dan capping botol?	Mengidentifikasi tantangan teknis dan potensi pengembangan di masa depan

2.3. Pencarian Literatur dan Kriteria Pemilihan

Untuk menjawab pertanyaan penelitian di atas, pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan beberapa basis data ilmiah terkemuka, seperti IEEE Xplore, Scopus, dan ScienceDirect. Artikel yang relevan diidentifikasi menggunakan kata kunci: "ESP32", "ESP8266", "Arduino", "PLC", "filling machine", "*capping machine*", "*load cell*", dan "*flow meter*". Pencarian literatur dilakukan pada bagian judul dan abstrak untuk memastikan kesesuaian dengan topik penelitian.

Setelah proses pencarian dilakukan, diterapkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk menyaring artikel yang relevan:

2.4. Kriteria Inklusi

a. Artikel yang berhubungan dengan rancang bangun mesin *filling* dan *capping* botol menggunakan mikrokontroler (ESP32, ESP8266, Arduino) atau PLC.
b. Artikel yang membahas penggunaan *load cell* atau *flow meter* dalam konteks pengukuran cairan.
c. Artikel yang dipublikasikan dalam jurnal atau konferensi berbahasa Inggris dengan akses penuh.

2.5. Kriteria Eksklusi

a. Artikel yang duplikat atau terdapat dalam beberapa basis data yang berbeda.
b. Artikel yang tidak terindeks dalam peringkat Q1, Q2, atau Q3.
c. Artikel yang tidak memiliki relevansi langsung dengan sistem otomasi pengisian dan penyegelan botol.

Setelah menerapkan kriteria ini, 5 jurnal terpilih untuk di-review lebih mendalam.

2.6. Proses Analisis

Setelah jurnal-jurnal terpilih diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis mendalam terhadap masing-masing artikel. Analisis dilakukan dengan fokus pada beberapa aspek kunci, yaitu:

a. Metodologi Rancangan
   Melihat pendekatan yang digunakan dalam merancang sistem kontrol untuk mesin *filling* dan *capping* botol.
b. Perbandingan Kinerja
   Membandingkan kinerja ESP32/ESP8266 dengan Arduino dan PLC dari segi kecepatan, keakuratan, dan fleksibilitas.
c. Penggunaan Sensor
   Mengevaluasi efektivitas *load cell* dan *flow meter* dalam pengukuran volume cairan yang diisikan.
d. Integrasi IoT
   Menelaah sejauh mana teknologi IoT diterapkan dalam sistem kontrol mesin dan bagaimana dampaknya terhadap efisiensi operasional.

Copyrigt@Jurnal Of Power Electric And Renewable Energy (JPER)
Dokumen diterima pada 21-11-2024
Dipublikasikan pada 31-12-2024

Hasil dari proses analisis ini akan dijadikan dasar untuk mengembangkan kerangka kerja penelitian dan eksperimen yang akan dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kinerja Mikrokontroller

Berdasarkan hasil kajian dari lima jurnal, kinerja ESP32/ESP8266 menunjukkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan Arduino dan PLC dalam aplikasi mesin filling dan capping botol.

a. ESP32/ESP8266:

Kelebihan:

1) Memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, yang memungkinkan integrasi dengan sistem IoT. ESP8266 dapat terhubung ke aplikasi mobile untuk monitoring real-time, memberikan kontrol yang lebih baik terhadap proses produksi[1].
2) Memiliki kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi, di mana waktu respons ESP32 untuk pengisian botol adalah 0.5 detik, lebih cepat dibandingkan Arduino yang mencatat 1 detik[2].

Kekurangan:

Konsumsi daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan Arduino, yang merupakan kelemahan dalam aplikasi yang membutuhkan efisiensi energi[5].

b. Arduino:

Kelebihan:

Arduino memiliki antarmuka yang sederhana dan didukung oleh banyak pustaka, menjadikannya pilihan yang baik untuk prototyping[4].

Kekurangan:

Tidak memiliki kemampuan konektivitas nirkabel bawaan, sehingga memerlukan modul tambahan untuk terhubung ke jaringan [4].

c. PLC:

Kelebihan:

1) Sangat dapat diandalkan dalam lingkungan industri, tahan terhadap kondisi keras, dan memiliki kemampuan untuk melakukan diagnosa kesalahan [5].
2) PLC memiliki arsitektur modular yang memungkinkan penambahan dan pengurangan modul sesuai kebutuhan aplikasi, memberikan fleksibilitas dalam desain sistem.

Kekurangan:

Biaya investasi yang lebih tinggi dan kompleksitas dalam pemrograman dibandingkan dengan ESP32 dan Arduino[2].

3.2. Evaluasi Akurasi dan Keefektifan Metode

a. *Load Cell:*

Berdasarkan hasil analisis dan percobaan yang dilakukan, penggunaan sensor *load cell* dalam sistem kontrol pengisian air minum dalam kemasan (AMDK) menggunakan Arduino Uno menunjukkan performa yang sangat baik dalam hal akurasi dan efektivitas[4].

1) Akurasi Tinggi: Pengujian yang dilakukan pada botol 330 mL dan 600 mL menunjukkan nilai akurasi yang sangat memuaskan. Untuk botol 330 mL, didapatkan akurasi sebesar 99.03% dengan rata-rata tidak akurat sebesar 0.9654%. Sedangkan untuk botol 600 mL, akurasi meningkat menjadi 99.58% dengan rata-rata tidak akurat 0.4169%. Ini menunjukkan bahwa alat mampu melakukan pengisian dengan kesalahan yang minimal, sehingga memenuhi standar pengisian yang diharapkan[4].
2) Kestabilan Pengukuran: Hasil pengukuran menunjukkan stabilitas yang baik dengan nilai selisih yang kecil antara berat yang terukur dan berat acuan. *Penggunaan load cell* memberikan hasil yang konsisten dalam pengisian, yang merupakan faktor penting dalam aplikasi industri pengisian otomatis.
3) Pengukuran Tegangan Catu Daya: Tegangan output dari regulator LM7805 yang digunakan untuk sensor load cell tercatat sebesar 4.92 V DC, sedangkan untuk Arduino dan relay dengan regulator LM7812 adalah 11.78 V DC. Stabilitas tegangan ini memastikan bahwa sistem kontrol berfungsi dengan baik tanpa gangguan, yang berdampak positif terhadap keandalan sistem secara keseluruhan[4].
4) Keefektifan Alat: *Load cell* terbukti lebih efektif dibandingkan metode pengukuran lainnya, seperti flow meter, dalam aplikasi pengisian AMDK. Dengan akurasi yang tinggi dan

Copyrigt@Jurnal Of Power Electric And Renewable Energy (JPER)
Dokumen diterima pada 21-11-2024
Dipublikasikan pada 31-12-2024

stabilitas hasil pengukuran, load cell merupakan pilihan yang tepat untuk sistem otomatis yang memerlukan ketelitian dalam pengukuran berat.

Secara keseluruhan, penerapan sensor *load cell* dalam sistem kontrol pengisian air minum dalam kemasan dengan Arduino Uno memberikan hasil yang optimal dan dapat diandalkan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengisian dalam industri AMDK.
Load cell Lebih efektif untuk aplikasi di mana pengukuran berat sangat penting, seperti pengisian produk dengan variasi densitas cairan, mengurangi risiko overfill dan waste [4].

b. Flow Meter:

Berdasarkan hasil analisis dan percobaan yang dilakukan, *flow meter* menunjukkan akurasi yang baik, namun hasilnya sangat tergantung pada jenis dan karakteristik cairan.. Flow meter lebih efisien untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran aliran cairan secara berkelanjutan, seperti dalam sistem produksi massal.
Pengujian menggunakan *flow mete*r menunjukkan hasil timbangan cairan yang dituangkan secara berulang. Dengan standar deviasi yang diperoleh sebesar 9,039123139, menunjukkan bahwa ada variasi dalam hasil pengukuran[3]. Ini mengindikasikan bahwa *flow meter* mampu memberikan data yang relatif akurat, tetapi masih memerlukan kalibrasi lebih lanjut untuk meningkatkan presisi, terutama dalam aplikasi di mana pengukuran yang tepat sangat dibutuhkan.

Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa load cell lebih akurat dalam aplikasi pengisian cairan, tetapi flow meter lebih efisien untuk penggunaan dalam skala besar dengan aliran kontinu.

3.3. Tantangan dan Peluang dalam Penggunaan IoT untuk Sistem Kontrol Otomatis pada Mesin *Filling* dan *Capping* Botol

Penggunaan IoT dalam sistem kontrol otomatis pada mesin *filling* dan *capping* botol menghadapi berbagai tantangan dan peluang yang diidentifikasi dari literatur yang ada.

a. Tantangan

1) Keamanan Data: Seiring dengan meningkatnya penggunaan IoT, ancaman terhadap keamanan data menjadi tantangan utama. Pentingnya implementasi protokol keamanan untuk melindungi data dari potensi serangan siber.

2) Integrasi Sistem: Integrasi antara perangkat keras yang berbeda seperti ESP32, sensor, dan aktuator seringkali kompleks, memerlukan pemrograman dan konfigurasi yang tepat. Kesalahan dalam integrasi dapat menyebabkan downtime yang signifikan dalam proses produksi.

b. Peluang

1) Monitoring Real-Time: IoT memungkinkan pemantauan real-time dari proses pengisian dan capping, memberikan data yang berguna untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Penggunaan dashboard IoT dapat memberikan visualisasi data secara langsung kepada operator

2) Pengoptimalan Proses: Data yang diperoleh dari sistem IoT dapat digunakan untuk menganalisis efisiensi proses dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan, Dengan memanfaatkan algoritma pembelajaran mesin, analisis data dapat membantu dalam prediksi kegagalan mesin.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja mikrokontroler ESP32/ESP8266 dengan Arduino dan PLC dalam aplikasi mesin pengisian dan penyegelan botol. Hasil kajian menunjukkan bahwa ESP32/ESP8266 memiliki keunggulan dalam hal konektivitas, kecepatan pemrosesan, dan kemampuan integrasi IoT, meskipun memiliki kelemahan terkait konsumsi daya. Sementara itu, Arduino menawarkan kemudahan dalam *prototyping*, tetapi kurang dalam konektivitas nirkabel. Di sisi lain, PLC diakui sebagai sistem yang andal di lingkungan industri, meskipun dengan biaya yang lebih tinggi dan kompleksitas pemrograman.

Dalam hal metode pengukuran, *load cell* terbukti lebih akurat dan efektif dibandingkan *flow meter* dalam aplikasi pengisian cairan, meskipun *flow meter* lebih efisien untuk pengukuran aliran berkelanjutan. Tantangan dalam penggunaan IoT meliputi masalah

keamanan data dan integrasi sistem, sedangkan peluang yang ada mencakup pemantauan *real time* dan pengoptimalan proses melalui analisis data.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan yang mendalam mengenai potensi dan tantangan yang dihadapi dalam pengembangan sistem otomatis berbasis IoT untuk mesin pengisian dan penyegelan/penutupan botol, serta menetapkan dasar untuk eksperimen lebih lanjut dalam bidang ini.

V. SARAN

1. Peneliti sebelumnya disarankan untuk menjelaskan metodologi dengan lebih rinci, termasuk proses pemilihan dan analisis data. Ini akan membantu pembaca memahami pendekatan yang digunakan dan meningkatkan replikasi penelitian di masa depan. penelitian.
2. Pembaca disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang topik-topik yang diangkat dalam jurnal ini, termasuk teknologi IoT, mikrokontroler, dan metode pengukuran dalam sistem otomasi. Ini dapat memperluas pemahaman mereka tentang perkembangan terkini di bidang ini.
3. Pembaca yang terlibat dalam industri otomasi sebaiknya mempertimbangkan untuk mengimplementasikan teknologi yang dibahas dalam jurnal ini dalam proses produksi mereka. Penggunaan ESP32/ESP8266 dan sensor seperti load cell dapat meningkatkan efisiensi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rahmatullah, S. A., Harianto., Puspira, I. (2021). Rancang Bangun Automatic Liquid Filling Machine Berbasis IoT (Internet of Things). Journal of Technology and Informatic.

[2] Munandar, A., Veronika, N. D. M., Abdulllah, D., & Sahputra, E. (2023). Miniature Design of Liquid Filling Machine Automatically Using ESP32 Based IOT (Internet of Things) Perancangan Miniatur Mesin Pengisi Cairan Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IOT (Internet of Things). KOMITEK.

[3] Ramadhan, B. K. A., Syafrudin, M., & Nur, M. (2021). Mesin Filling Dan Capping Botol Madu Hutan Dengan Menggunakan Flowmeter Sebagai Pengatur Volume. Jurnal Techno Bahari.

[4] Setiawan, H. A. (2019). Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno Dengan Sensor Load Cell. Jurnal Teknik Elektro.

[5] Setya Permana Sutisna1, Edi sutoyo., Ali Khoirul Hidayat, (2023). Rancang bangun dan pengujian sistem filling pada mesin packaging otomatis berbasis microcontroller. Journal of Technology and Informatic. Sulta Journal of Mechanical Engineering (SJME).

[6] Ashwini P. Somawanshi et.al "Automatic Bottle Filling using Microcontroller, Volume Correction", International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol-2, Issue-3, March 2013.

[7] M. H. Muhammad Sidik et.al "Volume Measuring System using Arduino for Automatic Liquid Filling Machine", International Journal of Applied Engineering Research, ISSN: 0973-4562, Vol-12, 2014.

[8] K. Kamalakkannan et.al "Fabrication of Pneumatic Operated Soda filling Machine", International Journal of Scientific Research and Development (IJSRO), Vol-6, Issue-01, ISSN: 2321-0613, 2018.

[9] Anup Dakre et.al "Implementation of Bottle Filling and Capping using PLC with SCADA", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), ISSN: 2395-0056, Vol-2, Issue-9, December-2015. Waheed Ur Kothari et.al "Automatic Sorting, Counting and Bottle Filling System", Thesis Researchgate Publication, January -2012.

[10] Killol Kothari et.al"An Autonomous Bottle Filling Machine Adding to the Accuracy and Precision along with Rejection Mechanism", International Journal of Advanced Technology in Engineering and

Science(IJATES), Vol-3, Issue-1, ISSN: 2348-7550, September-2015.